

УДК 656.216.2:621.397.7

*Викладено підхід до вирішення задачі визначення часу вступу потягів в небезпечну зону переїзду, залежно від швидкості їх руху*

*Ключові слова: небезпечна зона залізничного переїзду, локомотивна бригада, потяг, швидкість, ділянка наближення*

*Изложен подход к решению задачи определения времени вступления поездов в опасную зону переезда, в зависимости от скорости их движения*

*Ключевые слова: опасная зона железнодорожного переезда, локомотивная бригада, поезд, скорость, участок приближения*

*The approach is stated to the decision of a task for determination a time of entry trains in the dangerous zone of railway crossing, depending on the rate of their movement*

*Key words: dangerous zone of railway crossing, locomotive brigade, train, speed, area of approaching*

# ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИИ ВРЕМЕНИ ВСТУПЛЕНИЯ ПОЕЗДА В ОПАСНУЮ ЗОНУ ЖЕЛЕЗНО- ДОРОЖНОГО ПЕРЕЕЗДА

**О.А. Германенко**

Инженер Донецкой железной дороги  
Донецкий институт железнодорожного транспорта  
ул. Горная, 6, г. Донецк, 83018  
Контактный тел.: 8 (062) 319-25-37  
E-mail: dream00@bk.ru

## 1. Введение и постановка проблемы

Основным условием надежного и безопасного функционирования переездов является соблюдение очередности проследования транспортными средствами его опасной зоны. На магистральных железных дорогах Украины, исходя из различий в скорости перемещения подвижных единиц железно- и автодорожного транспорта, а также длин тормозных участков, преимущественным правом проследования переездов обладает железнодорожный транспорт (на промышленных предприятиях это условие не сохраняется из-за невысоких скоростей движения и особенностей технологического процесса основного производства). Однако, за последние годы проблема в местах пересечения железных дорог и автомагистралей еще более обострилась по причине не соблюдения данного условия. Это связано с увеличением количества транспортных средств и снижения дисциплины их водителей. Кроме того, имеющие место ложные занятости участков приближения к переездам, при отсутствии поездов на них, приводит к неоправданному простою автотранспорта у огражденных переездов. Это, в свою очередь, способствует игнорированию водителями информации, подаваемой устройствами переездной сигнализации, по причине не владения ими информацией о приближающихся поездах и времени возможного вступления их в зону переезда, согласно графику движения на данном участке пути. В

то же время, машинисты локомотивов также не владеют реальной информацией о свободности впереди лежащих переездов.

Поэтому автоматизированное определение времени вступления поездов на переезд и разработка устройств автоматического распознавания опасных скоростей движения объектов в огражденной зоне переезда, с последующей передачей информации как машинистам приближающихся локомотивов, так и водителям автотранспортных средств, является одной из основных задач дальнейшего совершенствования систем переездной сигнализации.

## 2. Анализ последних исследований и публикаций

Исследования и разработка устройств автоматического контроля состояния опасной зоны переездов ведется в разных странах мира уже длительное время. В некоторых наиболее технически развитых странах, в частности в США, Японии и Германии, в последние годы уже ведутся интенсивные работы по использованию устройств промышленного телевидения для получения достоверной информации о состоянии опасной зоны железнодорожных переездов [1,2]. В зарубежных разработках видеoinформация о состоянии переезда передается по линии связи либо на пост ЭЦ, либо непосредственно на автоматизированное рабочее место дежурного по станции (АРМ ДСП), где

отображается на видеомониторе, а оценка ситуации и принятие окончательного решения по-прежнему осуществляется дежурным по станции. В свою очередь, современные телевизионные средства наблюдения легко увязываются с любым компьютером, имеют высокое быстродействие и позволяют обрабатывать сигналы от неподвижных, малоподвижных и быстроменяющихся объектов, как в реальном, так и в измененном времени [3]. Поэтому, адаптировав средства видеоконтроля в переездном микроконтроллере, можно получить автоматическую систему видеоконтроля опасной зоны железнодорожных переездов, работающую согласно графику движения поездов. В данной системе определение времени вступления поездов на переезд и распознавание опасных скоростей движения объектов в огражденной зоне переезда будет осуществляться без участия человека.

**Целью** данной статьи является исследование функции времени вступления поездов в опасную зону переезда в зависимости от скорости их движения.

### 3. Основной материал исследования

Определение в каждый момент времени фактического значения скорости приближающихся к переезду поездов  $V_{пф}$  может быть связано с некоторой погрешностью  $\delta$ :

$$V_{пф} = V_{п} \pm \delta, \quad (1)$$

где  $V_{пф}$  - фактическая скорость следования поезда по участку приближения к переезду;

$\delta$  - погрешность в определении скорости движения поезда:

$$\delta = \delta_{ск} + \delta_{пр}, \quad (2)$$

где  $\delta_{ск}$  - погрешность в определении скорости движения поездов применяемыми скоростемерами;

$\delta_{пр}$  - погрешность, зависящая от прочих неучтенных факторов.

Следует отметить, что допустимая погрешность в определении скорости движения поездов скоростемерами типа СЛ-2М и ЗСЛ-2М, преимущественно используемыми на подвижном составе Донецкой железной дороги, составляет:  $\delta_{ск} = 4,5 \text{ км/ч}$  [4].

Обозначив превышение значения скорости за счет погрешности как  $V_{пф1}$ , а снижение - как  $V_{пф2}$ , можно записать следующие выражения для определения фактической скорости следования поездов по участку приближения к переезду:

$$V_{пф1} = V_{п} - \delta, \quad (3)$$

$$V_{пф2} = V_{п} + \delta. \quad (4)$$

Тогда, диапазон скоростей движения поездов по участку перегона:

$$V_{п} \in \{V_{пф1} \dots V_{пф2}\}. \quad (5)$$

Если принять значение погрешности  $\delta \approx 5 \text{ км/ч}$ , то для скоростей движения поездов, принятых для участков Донецкой железной дороги,  $V_{п} \in [10 \div 120] \text{ км/ч}$  с ин-

тервалом через каждые 10 км/ч, согласно выражениям (3 и 4), могут быть вычислены значения скоростей  $V_{пф1}$  и  $V_{пф2}$  (табл.1).

**Таблица 1**

Значения скоростей  $V_{пф1}$  и  $V_{пф2}$

Род поезда	$V_{п}$ , км/ч	$V_{пф1}$ , км/ч	$V_{пф2}$ , км/ч	Род поезда
Грузовые	10	5	15	Пассажирские и пригородные
	20	15	25	
	30	25	35	
	40	35	45	
	50	45	55	
	60	55	65	
	70	65	75	
	80	75	85	
	90	85	95	
	100	95	105	
	110	105	115	
	120	115	125	

Выразив время возможного столкновения в зоне переезда (обозначим как время  $t_c$ ) через скорость движения поездов на участке (обозначим как  $V_{п}$ ) и длину участка приближения к переезду (обозначим как  $l_{оп}$ ), по известной формуле  $l = V \cdot t$ , получим [6]:

$$t_c = \frac{l_{оп}}{V_{п}}. \quad (6)$$

С учетом погрешности время возможного столкновения в зоне переезда будет выглядеть в виде следующего интервала (рис.1):

$$t_c = t_{c.min} - t_{c.max}. \quad (7)$$

Анализ данного рисунка позволяет переписать выражение (6) следующим образом:

1) при максимальной скорости движения поезда [6]:

$$t_{c.max} = \frac{l_{оп}}{V_{пmax}} = t_c - \Delta t_{c.max}, \quad (8)$$

2) при минимальной скорости поезда [6]:

$$t_{c.min} = \frac{l_{оп}}{V_{пmin}} = t_c + \Delta t_{c.min}. \quad (9)$$

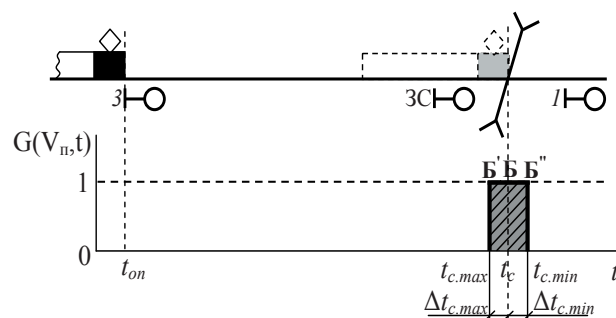


Рис. 1. Изображение функции времени возможного столкновения в зоне переезда  $G(V_{п}, t)$  при наличии отклонений в скорости движения поезда от графической скорости

Условные обозначения: Б - точка, соответствующая времени вступления поезда в опасную зону переезда, Б' и Б'' - смещения точки Б в зависимости от погрешности в определении скорости движения поездов;  $\Delta t_{c, \max}$  и  $\Delta t_{c, \min}$  - отклонение значения времени  $t_c$ , соответственно, при увеличении и уменьшении скорости следования поезда по участку приближения.

Подставив значения табл.1 в выражения 6, 8 и 9, получим приближенное время  $t_c$  вступления поездов в опасную зону переезда, с учетом погрешности  $\delta \approx 5 \text{ км/ч}$  (табл.2).

Погрешности значений скорости в данной таблице выделены цветом.

Графики функций  $G(V_{п, t})$ ,  $G(V_{пф1, t})$  и  $G(V_{пф2, t})$ , построенные согласно значений табл.2, будут выглядеть следующим образом (рис.2 и 3).

Анализ графиков функций  $G(V_{п, t})$ ,  $G(V_{пф1, t})$  и  $G(V_{пф2, t})$ , приведенных на рис.2 и 3 показывает, что при неравномерном движении и отклонении скорости движения поездов к значениям  $V_{пф1}$ , время вступления поезда в опасную зону переезда будет находиться в пределах площади, расположенной между кривыми функций  $G(V_{пф1, t})$  и  $G(V_{п, t})$ .

Соответственно при отклонении скорости к значениям  $V_{пф2}$  - между  $G(V_{п, t})$  и  $G(V_{пф2, t})$ . Но т.к. заранее неизвестно, с каким отклонением скорости будет приближаться поезд, и будет ли вообще такое отклонение, то данный диапазон расширится до промежутка:

$$t_c \in \{G(V_{пф1, t}) \dots G(V_{пф2, t})\} \quad (10)$$

Таким образом, время вступления поездов в опасную зону переезда не является фиксированной величиной и, в течение промежутка времени  $t \in [t_{оп} \dots t_c]$ , может постоянно меняться.

В результате этого точка Б на графике (рис.2 и 3) будет перемещаться не по кривой графика  $G(V_{п, t})$ , а в пределах площади Б<sub>1</sub>'-Б<sub>2</sub>'-Б<sub>2</sub>''-Б<sub>1</sub>'', ограниченной функциями  $G(V_{пф1, t})$  и  $G(V_{пф2, t})$ .

Для оценки фактического диапазона перемещения точки Б (обозначим его, как  $\mu$ ) в пределах вышеуказанной площади, возможно использование следующей формулы:

$$\mu(t_i) = \int_{t_{оп}}^{t_c} G(V_{пф2, t}) dt - \int_{t_{оп}}^{t_c} G(V_{пф1, t}) dt \quad (11)$$

Таблица 2

Приближенное время вступления поездов в опасную зону переезда с учетом погрешности  $\delta \approx 5 \text{ км/ч}$

Род поезда	$V_{п, \text{ км/ч}}$	$t_c, \text{ сек}$	Род поезда
Грузовые	5	1018,8	Пассажирские и пригородные
	10	509,4	
	15	339,6	
	20	254,7	
	25	203,8	
	30	169,8	
	35	145,5	
	40	127,3	
	45	113,2	
	50	101,9	
	55	92,6	
	60	84,9	
	65	78,4	
	70	72,8	
	75	67,9	
	80	63,7	
	85	59,9	
	90	56,6	
	95	53,6	
	100	50,9	
	105	48,5	
	110	46,3	
	115	44,3	
	120	42,4	
	125	40,7	

Анализ приведенных выше исследований позволяет сделать вывод, что существует возможность определения значений функций  $G(V_{пф1, t})$  и  $G(V_{пф2, t})$  по каждому

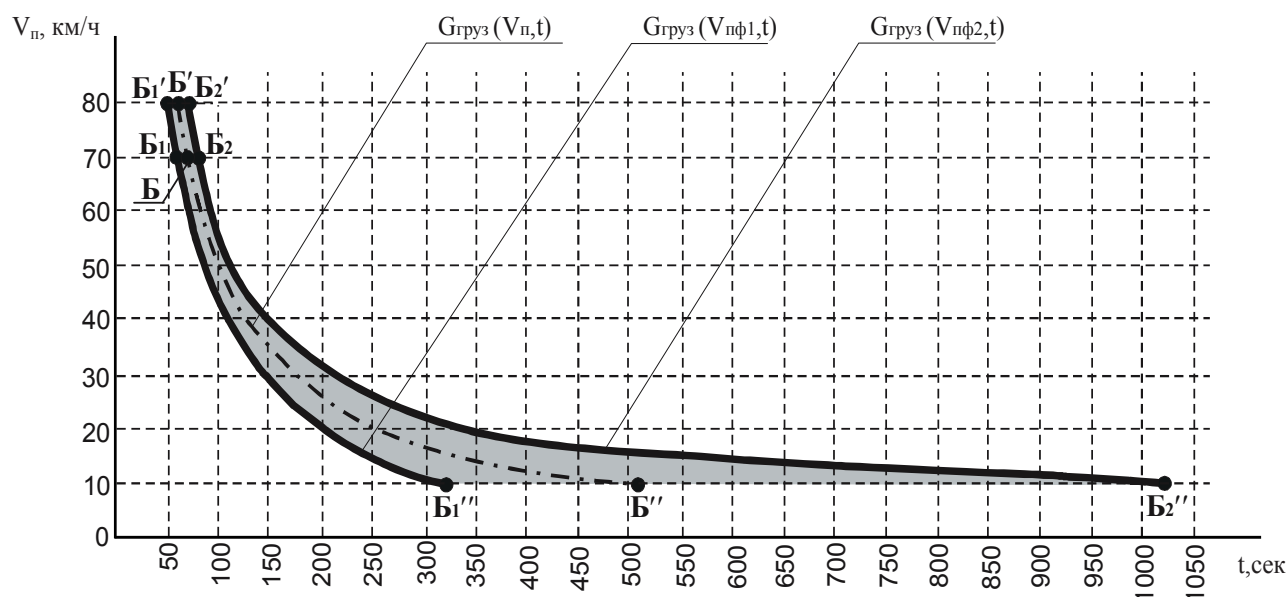


Рис. 2. Графики функций  $G(V_{п, t})$ ,  $G(V_{пф1, t})$  и  $G(V_{пф2, t})$  времени вступления грузовых поездов в опасную зону переезда при наличии погрешностей в определении скорости их движения

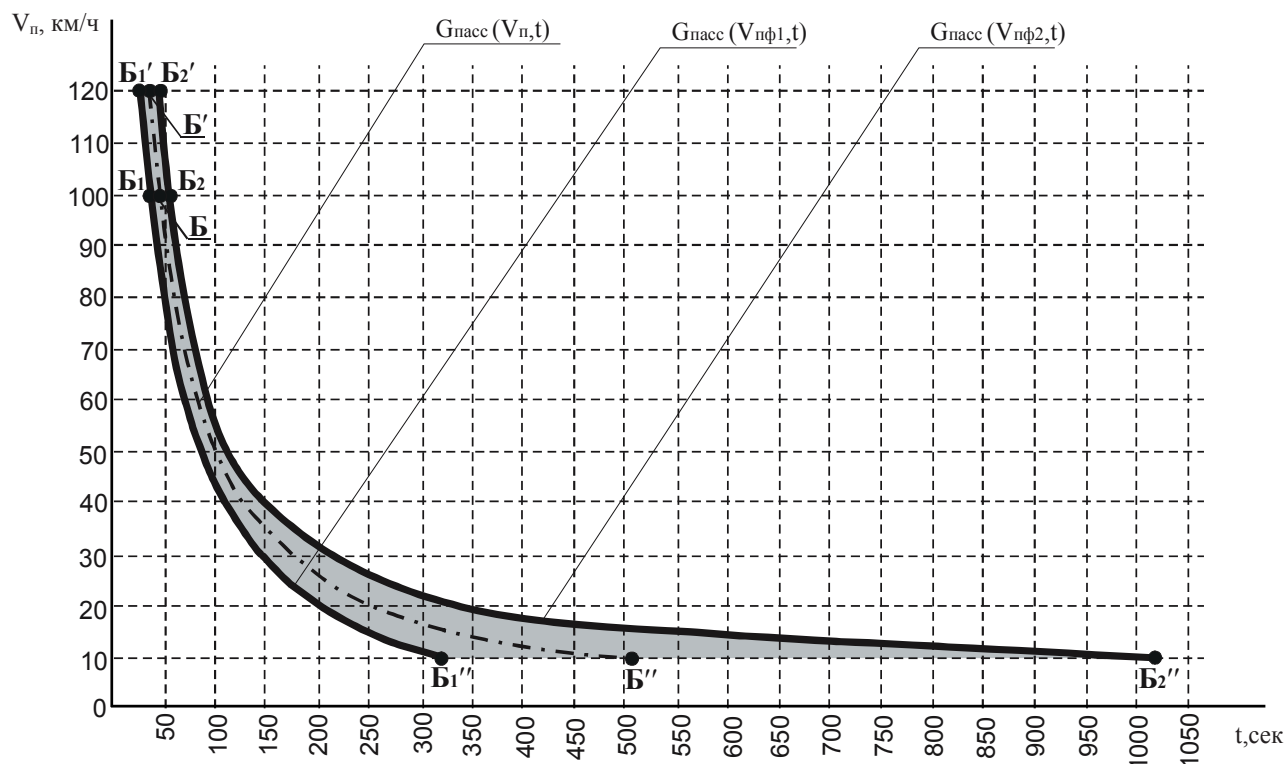


Рис. 3. Графики функций  $G(V_{п},t)$ ,  $G(V_{пф1},t)$  и  $G(V_{пф2},t)$  времени вступления пассажирских и пригородных поездов в опасную зону переезда при наличии погрешностей в определении скорости их движения

из фрагментов графика движения поездов и при наличии погрешности в определении скорости их движения. Но так как заранее неизвестно, с какой погрешностью определяется скорость каждого из приближающихся к переезду поездов и имеется ли такая погрешность вообще, то этот процесс будет достаточно сложным. Это объясняется тем, что эксплуатируемая в настоящее время аппаратура рельсовых цепей позволяет определять местонахождение приближающихся поездов с достаточно большой дискретностью - до одной рельсовой цепи участка приближения, протяженность которого может достигать более километра, а на данном участке поезда могут следовать не только с равномерной скоростью, но и с ускорением или замедлением своего движения.

#### 4. Вывод

В работе изложен подход к решению задачи определения времени вступления поездов в опасную зону переезда, в зависимости от скорости их движения. В дальнейших исследованиях процесса видеоконтроля зоны переездов предлагается рассмотреть методы определения скорости движения поездов по участку приближения, позволяющие упростить процесс определения времени вступления поездов в опасную зону переезда.

#### Литература

1. Обеспечение безопасности движения на переездах железных дорог мира [Текст] // Автоматика телемеханика и связь. – 1997. – № 11. – С. 30-31.
2. Телевизионные системы контроля на Государственных железных дорогах ФРГ [Текст] // Железные дороги мира. – 1985. – № 3 – С.28-36.
3. Грязин Г. Н. Системы прикладного телевидения [Текст]: Учебное пособие для вузов / Грязин Г. Н. – СПб.: Политехника, 2000. – 277 с.: ил.
4. Скоростемеры локомотивные типа СЛ-2М и ЗСЛ-2М. Методы и средства проверки РД-32 ЮВ 01-89 [Текст]: Методические указания. – Донецк: Дорожная комплексная контрольно-измерительная лаборатория (Дорстандарт), 1989. – 5 с.
5. Приказ №277/Н от 30 апреля 2008г. Про допустимі швидкості руху поїздів по Донецькій залізниці [Текст]: Міністерство транспорту та зв'язку України. Державна адміністрація залізничного транспорту України. Державне підприємство «Донецька залізниця». – Донецьк: ДЦНТИ, 2008г. – 83 с.
6. Поддубняк В. И. Особенности функционирования переездных видеосистем согласно графику движения поездов. Часть 2 [Текст] / В. И. Поддубняк, О. А. Германенко // Збірник наукових праць. – Донецьк: ДонИЖТ, 2006. – № 5. – С.80-90.
7. Малинов В.М. Современные тенденции совершенствования систем переездной сигнализации [Текст] / В.М. Малинов // Автоматика, связь, информатика. – 2003. – № 7. – С. 61-64.
8. Бойник А.Б. Теоретические основы эффективной эксплуатации систем управления ограждающими устройствами [Текст]: дис. на соискание ученой степени доктора техн. наук / А.Б. Бойник. – Харьков, 2003. – 336 с.